

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-115812

(43)Date of publication of application : 18.04.2003

(51)Int.Cl.

H04J 11/00

(21)Application number : 2001-308519

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 04.10.2001

(72)Inventor : MATSUSHITA YOSHITERU
IMAMURA KIMIHIKO

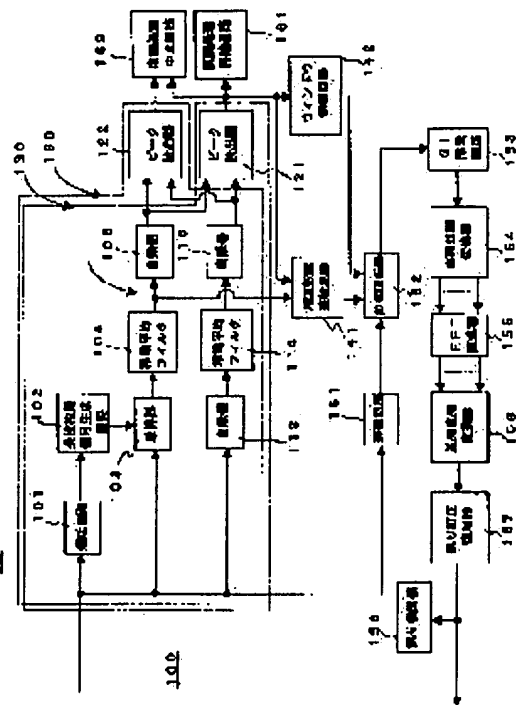
(54) OFDM DEMODULATION CIRCUIT AND OFDM RECEIVER USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an OFDM (orthogonal frequency division multiplex) demodulation circuit and an OFDM receiver using the same, in which demodulating processing is initiated in a short time after a signal is received, and demodulation is stopped in the early stage when the demodulation is erroneously initiated.

SOLUTION: When a peak detector 122 does not exceed a threshold Sth2 within a fixed time T after a symbol timing signal is outputted from a peak detector 121, namely, when a continuation timing signal is not supplied from the peak detector 122 to a demodulating processing stop circuit 162 before the fixed time T is counted by the demodulating processing stop circuit 162

(step S115), a demodulating processing stop circuit 162h immediately stops demodulating processing under execution at present after the fixed time T is completely counted by deciding that a position starting demodulation processing is wrong, and returns to the waiting state of a received signal (processing of a step S111).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-115812
(P2003-115812A)

(43)公開日 平成15年4月18日(2003.4.18)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 4 J 11/00

識別記号

FI
H04J 11/00

テーマート(参考)
5K022

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 15 頁)

(21)出願番号 特願2001-308519(P2001-308519)

(22)出願日 平成13年10月4日(2001. 10. 4)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 松下 佳輝

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72)発明者 今村 公彦

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(74) 代理人 100091096

井理士 平木 祐輔

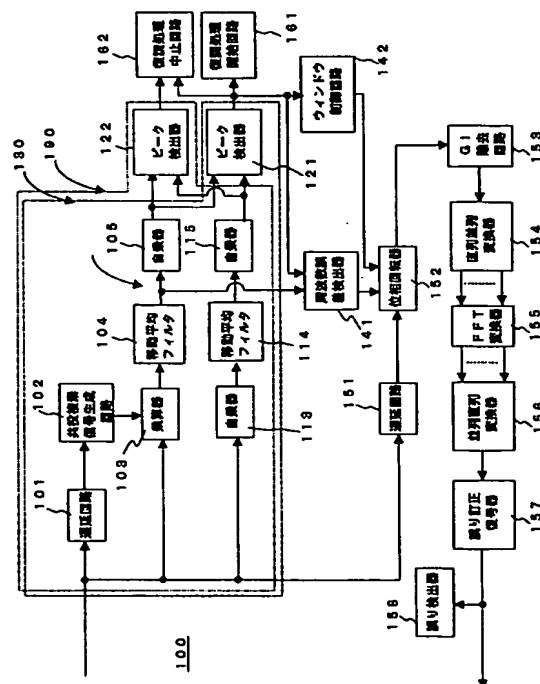
Fターム(参考) 5K022 DD01 DD33

(54) 【発明の名称】 OFDM復調回路及びこれを用いたOFDM受信装置

(57) 【要約】

【課題】 信号を受信してから短時間で復調処理を開始し、誤って復調を開始したときには、早期に復調を中止するようにしたOFDM復調回路、及びこれを用いたOFDM受信装置を提供すること。

【解決手段】 ピーク検出器121からシンボルタイミング信号が出力されてから、一定時間T以内にピーク検出器122閾値S_{th2}を超えなかった、すなわち復調処理中止回路162が一定時間Tを計時する前にピーク検出器122から継続タイミング信号が復調処理中止回路162に供給されなかった（ステップS115）ときは、復調処理中止回路162hは、復調処理を開始させた位置が誤っていたものとして、一定時間Tの計時完了後速やかに現在実行中の復調処理を中止させ、受信信号の待ち受け状態（ステップS111の処理）へと戻る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに直交関係にある複数の搬送波からなるOFDM信号を受信して復調するOFDM復調回路であって、
復調前のOFDM受信信号を分析する分析手段と、
該分析手段の分析結果に応じてOFDM受信信号の復調処理を中止させる復調処理中止手段とを備えることを特徴とするOFDM復調回路。

【請求項2】 前記分析手段は、
復調前のOFDM受信信号と、該復調前のOFDM受信信号を遅延させた信号との相関値を求める相関手段と、
該相関手段により得られた相関値に基づき、復調処理を開始させる相関値のピーク位置と復調処理を継続させる相関値のピーク位置とをそれぞれ検出するピーク検出手段とを有することを特徴とする請求項1記載のOFDM復調回路。

【請求項3】 前記分析手段は、
復調前のOFDM受信信号と、対象となるOFDM方式に応じて予め準備された信号系列との相関値を求める相関手段と、
該相関手段により得られた相関値に基づき、復調処理を開始させる相関値のピーク位置と復調処理を継続させる相関値のピーク位置とをそれぞれ検出するピーク検出手段とを有することを特徴とする請求項1記載のOFDM復調回路。

【請求項4】 前記相関手段は、
OFDM受信信号の復調に用いられるウィンドウ時間幅を T_w としたとき、前記復調前のOFDM受信信号を遅延させた信号の遅延時間が、ウィンドウ時間幅 T_w 以下であることを特徴とする請求項2記載のOFDM復調回路。

【請求項5】 前記ピーク検出手段は、復調処理を開始させる相関値のピーク位置の検出閾値を S_{th1} 、前記復調処理を継続させる相関値のピーク位置の検出閾値を S_{th2} としたとき、 $S_{th1} < S_{th2}$ であることを特徴とする請求項2乃至4いずれかに記載のOFDM復調回路。

【請求項6】 前記ピーク検出手段は、
復調処理を開始させる相関値のピーク位置の分析期間を T_1 、復調処理を継続させる相関値のピーク位置の分析期間を T_2 としたとき、 $T_1 < T_2$ であることを特徴とする請求項2乃至5いずれかに記載のOFDM復調回路。

【請求項7】 前記復調処理中止手段は、前記ピーク検出手段が復調処理を開始させる相関値のピーク位置を検出してから所定時間以内に、該ピーク検出手段が復調処理を継続させる相関値のピーク位置を検出できない場合は、OFDM受信信号の復調処理を中止させることを特徴とする請求項2乃至6いずれかに記載のOFDM復調回路。

【請求項8】 請求項1乃至6いずれかに記載されたOFDM復調回路を備えることを特徴とするOFDM受信

装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、無線通信システムに用いるOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing:直交周波数分割多重)伝送方式に適用されるOFDM復調回路、及びこれを用いたOFDM受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のOFDM復調回路の一例として、特開平11-145930号公報に記載されているようなOFDM復調回路がある。図9は、従来のOFDM復調回路で用いられるパケットのフレームフォーマットの一例を示す図である。パケットPのフレーム先頭には、搬送波周波数誤差検出、シンボル同期等を行うときに利用されるプリアンプル信号が付加されている。このプリアンプル信号は、既知で同一の2個のスタートシンボルSSが繰返し配置されて形成されている。パケットPは、最初にこのプリアンプル信号としてのスタートシンボルSSが2個配置された後、引き続いてガードインターバルGIとデータシンボルDSとが繰返し配置された構成となっている。

【0003】このプリアンプル信号としての2個のスタートシンボルSS及び各データシンボルDSは、いずれも時間軸上の区間の長さが T_w で、後述するOFDM信号の変調及び復調で用いられるIFFT(Inverse Fast Fourier Transform:逆高速フーリエ変換)及びFFT(Fast Fourier Transform:高速フーリエ変換)のウィンドウの幅と同じになっている。ガードインターバルGIは、遅延波の影響を除去するためにデータシンボルDSの前に挿入され、その時間軸上の区間の長さはこの場合では $T_w/4$ になっている。

【0004】図10は、従来のOFDM変調回路のブロック図である。従来のOFDM変調回路400では、入力情報信号は、直列並列変換器401に入力され、各サブキャリア毎の情報信号に変換される。直列並列変換器401の各出力信号(サブキャリア毎の情報信号)は、符号化変調器402にそれぞれ入力され、QPSK(Quadrature phase shift keying:4位相偏移変調)等の符号化変調される。符号化変調器402の各出力信号(各サブキャリア毎の符号化変調された情報信号)は、IFFT変換器403に入力されてIFFT変換され、時間軸波形を有するデジタル変調波に変換される。IFFT変換器403の各出力信号(各デジタル変調波)は、ガードインターバル挿入回路404に入力され、ガードインターバルGIが付加される。

【0005】ガードインターバル挿入回路404の各出力信号(ガードインターバルGIが付加されたデータシンボルDS)は、並列直列変換器405で直列データに変換される。並列直列変換器405の出力信号は、入力切替回

路406に入力され、入力切替回路406は、この並列直列変換器405の出力信号と、記憶回路407から読み出され入力されるプリアンプル信号とを切り替えながら、OFDM変調信号を出力する。入力切替回路406の出力信号、すなわち図9に示すようなOFDM変調信号は、D/A変換器408に入力されてアナログ信号に変換され、変調ベースバンド信号として出力される。

【0006】図11は、従来のOFDM復調回路のブロック図である。従来のOFDM復調回路500では、受信信号（受信した変調ベースバンド信号）をA/D変換したOFDM受信信号は、遅延回路501、乗算器503、自乗器513、及び遅延回路551にそれぞれ入力される。ここで、遅延回路501に入力されたOFDM受信信号は、前述のTw時間だけ遅延される。この遅延回路501の出力信号は、共役複素信号生成回路502に入力される。

【0007】この共役複素信号生成回路502で生成された共役複素信号は、現在のOFDM受信信号と乗算器503で複素乗算され、両信号の相互相関値が演算される。乗算器503の出力信号は、移動平均フィルタ504に入力される。移動平均フィルタ504では、乗算器503の出力を移動平均して、Tw時間の平均演算を行う。移動平均フィルタ504の出力信号は、自乗器505に入力されて電力信号に変換される。自乗器505の出力信号はピーク検出器521に入力される。また、自乗器513に入力されるOFDM受信信号は、自乗器513で自乗演算されて、自己相関値として移動平均フィルタ514に入力される。

【0008】移動平均フィルタ514では、自乗器513の出力を移動平均して、Tw時間の平均演算を行う。移動平均フィルタ514の出力信号は、自乗器515に入力されて電力信号に変換され、自乗器515の出力信号はピーク検出器521に入力される。移動平均フィルタ504、514からそれぞれ自乗器505、515を介して入力信号が供給されるピーク検出器521では、両入力信号（電力信号）を用いて、ピーク検出が行われる。

【0009】ピーク検出器521は、例えば自乗器505の出力信号を自乗器515の出力信号で除算した信号の大きさに基づきピークを判定し、このピークが検出されたタイミングをシンボルタイミングとして、シンボルタイミング信号を出力する。すなわち、このピーク検出器521でピークが検出されたときは、OFDM受信信号のパケットが受信されたこと示し、このシンボルタイミング信号に基づいて、この受信されたOFDM受信信号のパケットの復調処理が開始される。

【0010】これより、前述した遅延回路501、共役複素信号生成回路502、乗算器503、移動平均フィルタ504、自乗器505、自乗器513、移動平均フィルタ514、自乗器515、及びピーク検出器521をまとめて、シンボルタイミング信号検出部530とみなすことができる。このピーク検出器521からのシンボルタイミング信号と移動平均フィルタ504の出力信号とを用いて、搬送波周波数誤差

検出器541は、搬送波周波数誤差を検出する。

【0011】また、FFTウィンドウ制御回路542では、ピーク検出器521からのシンボルタイミング信号に基づいて、ウィンドウタイミング制御を行うための制御信号を出力する。OFDM受信信号は、前述のシンボルタイミング信号検出部530、搬送波周波数誤差検出器541、及びFFTウィンドウ制御回路542で上記信号処理を行う間、遅延回路551で遅延されて、位相回転器552に出力される。

10 【0012】位相回転器552では、FFTウィンドウ制御回路542から出力される制御信号の入力に基づき、搬送波周波数誤差検出器541の出力信号に応じて遅延回路551からの出力信号の位相を回転させ、周波数オフセットを補償したOFDM受信信号をガードインターバル除去回路553に出力する。

【0013】ガードインターバル除去回路553は、シンボルタイミング信号に基づき、位相回転器552の出力信号、すなわち周波数オフセットを補償したOFDM受信信号からガードインターバルGIを除去する。直列並列変換器554では、ガードインターバル除去回路553の出力信号、すなわちガードインターバルGIが除去されたOFDM受信信号を並列変換してサブキャリア毎の符号化変調された情報信号に戻し、FFT変換器555に出力する。

【0014】FFT変換器555は、直列並列変換器554から供給される信号を高速フーリエ変換して、時間領域の信号から周波数領域の信号に復調変換する。この復調変換された符号化変調された情報信号は、並列直列変換器556に入力される。並列直列変換器556で直列データに変換された符号化変調された情報信号は、誤り訂正復号器557に入力され、誤り訂正復号器557は、誤り訂正復号を行い、出力信号として復調された入力情報信号（受信情報データ）を出力する。

【0015】また、誤り検出器558は、誤り訂正復号器557の出力信号、すなわち復調された入力情報信号が入力され、その誤り検出を行う。ところで、上述した従来のOFDM復調回路500では、移動平均フィルタ504、514で平均演算する時間Twをその分析時間として、OFDM受信信号とこの時間Twだけ遅延されたOFDM受信信号との相関値を求めるようになっている。

【0016】図12は、OFDM受信信号とこの時間Twだけ遅延されたOFDM受信信号とが移動平均フィルタ504、514に入力されるとき、このOFDM受信信号とこの時間Twだけ遅延されたOFDM受信信号との相関値の大きさの時間変化を示す図である。

【0017】上述した従来のOFDM復調回路500では、ピーク検出器521によって、OFDM受信信号と、この時間Twだけ遅延されたOFDM受信信号との相関値の大きさが、すなわち、移動平均フィルタ514の出力と、移動平均フィルタ504の出力との相関値の大きさ

が、所定の閾値 S_{th} を超えたところで復調処理開始のための相関値のピークが検出されたものとして、復調処理を開始するようになっている。

【0018】図13は、この従来のOFDM復調回路500の作動処理を説明するフローチャートである。OFDM復調回路500は、受信信号（変調ベースバンド信号）に対する、遅延演算、移動平均演算、相関演算等といった、シンボルタイミング信号検出のための各種演算処理を受信信号待ち受け状態の処理として行い（ステップS511）、そのピーク検出処理によって、OFDM受信信号とこのOFDM受信信号を T_w 時間遅延させた信号との相関値の大きさがピークを示したのが検出されたとき、すなわち相関値が閾値 S_{th} を超えたのが検出されたときに（ステップS512）、復調処理を開始する（ステップS513）。

【0019】このピーク検出のタイミングをシンボルタイミングとして、FFTウィンドウのタイミング制御や搬送波周波数誤差検出等を行い、OFDM受信信号はガードインターバルGIが除去されてFFT処理され、符号化変調された情報信号は誤り訂正復号される。そして、誤り訂正復号した結果、すなわち復調された入力情報信号は、誤り検出器558によって誤り検出処理がなされる（ステップS514）。

【0020】ここで、誤り検出器558によって、この復調された入力情報信号に誤りが検出されれば（ステップS515）、先のピーク検出から今まで復調した情報データを破棄し、受信信号待ち受け状態（ステップS511、S512からなるループ処理）に戻る。一方、誤り検出器558によって復調された入力情報信号に誤りが検出されなければ、今まで復調した情報データを出力する（ステップS516）。また、従来のOFDM復調回路の他の例として、特開平10-164161号公報に記載されているようなユニークワード遅延検出方式のOFDM復調回路もある。

【0021】図14は、このユニークワード遅延検出方式のOFDM復調回路で用いられるパケットのフレームフォーマットを示す図である。各パケットPは、先頭にはユニークワードUWが付加され、このユニークワードUWの後にデータDが引き続いて配置された形式になっている。図15は、そのOFDM復調回路に適用されるユニークワード遅延検出回路のブロック図である。ユニークワード遅延検出回路（以下、UW遅延検出回路と称す）600には、準同期検波信号と、この準同期検波信号中のユニークワードUWと同じ信号列を繰り返すユニークワード入力信号（以下、UW入力信号と称す）とが入力される。

【0022】準同期検波信号は、既知のユニークワードUWが挿入されているOFDM変調信号を準同期検波した信号であって、当該OFDM変調信号とは独立した、当該OFDM変調信号とごく近接した周波数の局部発振

信号を用いて同期的に検波してベースバンドの信号に復調したものである。そして、OFDM変調信号の搬送波（キャリア）とこの局部発振信号との間には、一般にキャリア周波数オフセットが存在する。この準同期検波信号は、同相信号と直交信号との二列の信号であって、遅延回路601に入力されてNシンボル（ただし、Nは任意の正数）遅延させられる。

【0023】遅延回路601の出力信号は、共役複素信号生成回路602に出力され、そこで複素共役化される。乗算器603では、この共役複素信号生成回路602の出力信号と準同期検波信号とを乗算し、すなわち準同期検波信号をNシンボル複素共役遅延検波し、その乗算結果である準同期信号のNシンボル複素共役遅延検波信号を相関器620に出力する。

【0024】一方、UW入力信号は、遅延回路611でNシンボル遅延されるとともに、共役複素信号生成回路612によって複素共役化される。乗算器613では、この両出力信号を乗算して、UW入力信号をNシンボル複素共役遅延検波し、その乗算結果であるユニークワードUWのNシンボル複素共役遅延検波信号を相関器620に出力する。相関器620は、ユニークワードUWの全シンボル長に亘って、乗算器603、613から順次それぞれ送られてくる準同期信号のNシンボル複素共役遅延検波信号とユニークワードUWのNシンボル複素共役遅延検波信号との相互相関をとる。

【0025】図16は、図15に示したUW遅延検出回路600を適用した従来の信号検出回路のブロック図である。この信号検出回路700は、ユニークワードUWの位置を精度良く検出するとともに、周波数オフセットの測定精度を高く保ったまま測定範囲を拡大するために、図15に示したUW遅延検出回路600を基本とし、遅延シンボル数がそれぞれN、 $N/2$ （ただし、この場合、 $0.5 < N \leq 1$ ）で、遅延シンボル数が互いに異なる複数のUW遅延検出回路（以下、DDD(N)、DDD($N/2$)と略称する）720、730を備える初期アクジションモード（以下、IAモードと略称する）の動作状態と、遅延シンボル数が4NのUW遅延検出回路（以下、DDD(4N)と略称する）740を備える微同調アクジションモード（以下、FAモードと略称する）の動作状態とを有する構成になっている。

【0026】この信号検出回路700では、入力信号として、第1の準同期検波信号がサンプラ701に入力される。サンプラ701は、サンプリング信号発生器702から供給されるサンプリング信号に基づいて、出力信号を生成する。ここで、第1の準同期検波信号は、既知のユニークワードUWがデータ信号中に挿入されている直交変調信号を準同期検波した信号である。サンプラ701の出力信号は、データバッファ710に供給されて記憶されるとともに、遅延シンボル数が互いに異なるDDD(N)720、DDD($N/2$)730に供給される。

【0027】DDD(N)720は、準同期検波信号のNシンボル複素共役遅延検波信号とユニークワードUWのNシンボル複素共役遅延検波信号との相互相関をとって、ユニークワード検出器（以下、UW検出器と称す）721とユニークワード位相演算器（以下、UW位相演算器と称す）722に相互相関信号を出力する。DDD(N/2)730は、準同期検波信号のN/2シンボル複素共役遅延検波信号とユニークワードUWのN/2シンボル複素共役遅延検波信号との相互相関をとって、UW位相演算器731に相互相関信号を出力する。

【0028】UW検出器721は、相互相関信号の電力値と所定の閾値 S_{th1}' とを比較し、この相互相関信号の電力値が所定の閾値 S_{th1}' を超えると、IAモードUW検出信号をデータバッファ710に出力する。データバッファ710は、IAモードUW検出信号を受けると、記憶されたサンプリング出力信号を乗算器711に出力する。UW位相演算器722では、DDD(N)720から供給される相互相関信号に基づいて周波数オフセット情報を得て、これを位相合成器723に出力する。

【0029】UW位相演算器731では、DDD(N/2)730から供給される相互相関信号に基づいて周波数オフセット情報を得て、これを位相合成器723に出力する。位相合成器723では、UW位相演算器722とUW位相演算器731とのそれぞれ周波数オフセット情報に基づき位相を合成し、準同期検波信号のキャリアの周波数オフセット情報、すなわちIAモード周波数オフセット情報を生成し、これを数値制御発信器（以下、NCOと称す）724に出力する。

【0030】NCO724は、位相合成器723で位相合成された周波数オフセット情報に基づき、周波数補正信号を発生させる。乗算器711は、データバッファ710からの準同期検波信号とNCO724からの周波数補正信号とを乗算して周波数オフセットをほぼゼロに減少させた準同期検波信号を生成し、これを第2の準同期検波信号としてマッチドフィルタ712に出力する。マッチドフィルタ712では、この準同期検波信号に含まれる雑音や隣接チャネル干渉の成分が低減される。

【0031】マッチドフィルタ712から出力される準同期検波信号は、遅延シンボル数が4NのDDD(4N)740に送られ、このDDD(4N)740によって求められた相互相関信号は、UW検出器741に入力される。UW検出器741では、相互相関信号の電力値と閾値 S_{th2}' とを比較し、相互相関信号の電力値が閾値 S_{th2}' を超えると、FAモードUW検出信号を出力する。また、マッチドフィルタ712から出力される準同期検波信号は、UW検出器741でFAモードUW検出信号が出力されるまで、データバッファ713で保持される。

【0032】データバッファ713は、UW検出器741からFAモードUW検出信号を受けると、データバッファ713に記憶されているマッチドフィルタ712から出力された

準同期検波信号を、乗算器750に出力する。乗算器750は、データバッファ713の出力信号とNCO751の出力とを乗算し、データ信号を出力する。クロック再生器（CR）752は、乗算器750の出力からクロックを再生してNCO751に出力し、シンボルタイミング再生器（STR）753は、乗算器750の出力を受けてシンボルタイミングをサンプリング信号発生器702に出力する。次にこの信号検出回路700の作用を説明する。

【0033】この方式は、ユニークワードUWの位置を精度良く検出するとともに、周波数オフセットの測定精度を高く保ったまま測定範囲を拡大するために、図15に示した上述したユニークワード遅延検出回路（すなわち、DDD)600を基本とし、遅延シンボル数が互いに異なる複数のDDD(N)720、DDD(N/2)730を備える初期アクジションモード（以下、IAモードと略称する）の動作状態を持つ。

【0034】図17は、この信号検出回路700のユニークワードUW検出の一連の処理についてのフローチャートである。IAモードで使用するIAモードユニークワード遅延検出回路は、遅延シンボル数N（ただし、 $0 < N \leq 1$ ）のユニークワード遅延検出回路（DDD(N)720と、遅延シンボル数N/2のユニークワード遅延検出回路（DDD(N/2)730とを備える。IAモードユニークワード遅延検出回路は、既知のユニークワードUWがデータ信号中に挿入されている直交変調信号を準同期検波した第1の準同期検波信号から、DDD(N)720及びDDD(N/2)730によって第1、第2の相互相関信号を生じる（ステップS701）。

【0035】そして、DDD(N)720から出力される第1の相互相関信号の電力値が第1のしきい値 S_{th1}' を超えると、供給される第1の準同期検波信号からのユニークワードUWの検出を示すIAモードUW検出信号をUW検出器721から生じる一方で、DDD(N)720及びDDD(N/2)730からそれぞれ出力される第1、第2の相互相関信号にตอบสนองし、第1の準同期検波信号の周波数オフセット F_0 を示すIAモード周波数オフセット情報を位相合成器723から生じる（ステップS702）。

【0036】そして、信号検出回路700は、偽UW検出を防止するために、IAモードによる上記ユニークワードUWの検出（ステップS702）の後、FAモードUW遅延検出回路により、微同調アクジションモードの動作をさせるようになっている。FAモードUW遅延検出回路は、このFAモードで使用するための遅延シンボル数が4NのUW遅延検出回路（DDD(N/4)740を備える。

【0037】FAモードUW遅延検出回路は、IAモードユニークワード遅延検出回路から出力される、第1の準同期検波信号（データバッファ710の出力）とIAモード周波数オフセット情報にตอบสนองする周波数補正信号（NCO724の出力）とを乗算して周波数オフセットを

ほぼゼロに減少させた第2の準同期検波信号を、マッチドフィルタ712を介して、雑音や隣接チャネル干渉を減少させた後(ステップS703)、DDD(4N)740によってFAモード相互相関信号を生じる(ステップS704)。

【0038】FAモードUW遅延検出回路は、このDDD(4N)740から出力される相互相関信号にตอบสนองし、DDD(4N)740から出力されるFAモード相互相関信号の電力値が第2のしきい値 S_{th2} を超えると、上記第1の準同期検波信号に対応する第2の準同期検波信号からのユニークワードUWの検出を示すFAモードUW検出信号を生じる(ステップS705)。上記FAモードUW検出信号が生じると(ステップS705)、信号検出回路700は、UW検出動作を終了して定常モード(以下、SSモードと略称する)になり、上記第2の準同期検波信号を同期検波して上記データ信号を復調する復調回路の動作になる(ステップS706)。

【0039】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、双方向通信では、受信信号を復調し、その受信信号の情報に基づいて信号を送信しなければならないことがある。このように信号を受信してから送信を始めるまでの時間が規定されている場合、できるだけ早く復調処理を開始させることが必要となってくる。

【0040】このため、先に説明した従来のOFDM復調回路400の場合、もし誤ってプリアンブル信号検出をしてしまったときは、復調処理を完了し誤り検出を行うまではこの誤りを発見することができないため、復調処理を途中で中止することができず、この誤った信号を復調している間に本来の信号を検出することができなくなる可能性がある。

【0041】また、後で説明した従来の信号検出回路700の場合、受信信号を遅延検波した結果を入力としても一回遅延検波し、その結果が出力されてからはじめて復調処理が開始されるため、信号を受信してから復調処理を開始するまでに多くの時間を要してしまう。また、誤った信号検出をしたときに、その復調処理を途中で中止する手段を持っていない。

【0042】本発明は、上記した課題を解決するために、信号を受信してから短時間で復調処理を開始し、誤って復調を開始したときには、早期に復調を中止するようにしたOFDM復調回路、及びこれを用いたOFDM受信装置を提供することを目的とする。

【0043】

【課題を解決するための手段】本発明のOFDM復調回路は、互いに直交関係にある複数の搬送波からなるOFDM信号を受信して復調するOFDM復調回路であって、復調前のOFDM受信信号を分析する分析手段と、該分析手段の分析結果に応じてOFDM受信信号の復調処理を中止させる復調処理中止手段とを備えることを特

徴とする。

【0044】そして、本発明のOFDM復調回路の前記分析手段は、復調前のOFDM受信信号と、該復調前のOFDM受信信号を遅延させた信号との相関値を求める相関手段と、該相関手段により得られた相関値に基づき、復調処理を開始させる相関値のピーク位置と復調処理を継続させる相関値のピーク位置とをそれぞれ検出するピーク検出手段とを有することを特徴とする。

【0045】また、本発明のOFDM復調回路の前記分析手段は、復調前のOFDM受信信号と、対象となるOFDM方式に応じて予め準備された信号系列との相関値を求める相関手段と、該相関手段により得られた相関値に基づき、復調処理を開始させる相関値のピーク位置と復調処理を継続させる相関値のピーク位置とをそれぞれ検出するピーク検出手段とを有することを特徴とする。

【0046】さらに、本発明のOFDM復調回路の前記相関手段は、OFDM受信信号の復調に用いられるウィンドウ時間幅を T_w としたとき、前記復調前のOFDM受信信号を遅延させた信号の遅延時間が、ウィンドウ時間幅 T_w 以下であることを特徴とする。また、本発明のOFDM復調回路の前記ピーク検出手段は、復調処理を開始させる相関値のピーク位置の検出閾値を S_{th1} 、前記復調処理を継続させる相関値のピーク位置の検出閾値を S_{th2} としたとき、 $S_{th1} < S_{th2}$ であることを特徴とする。

【0047】また、本発明のOFDM復調回路の前記ピーク検出手段は、復調処理を開始させる相関値のピーク位置の分析期間を T_1 、復調処理を継続させる相関値のピーク位置の分析期間を T_2 としたとき、 $T_1 < T_2$ であることを特徴とする。そして、本発明のOFDM復調回路の復調処理中止手段は、前記ピーク検出手段が復調処理を開始させる相関値のピーク位置を検出してから所定時間以内に、該ピーク検出手段が復調処理を継続させる相関値のピーク位置を検出できない場合は、OFDM受信信号の復調処理を中止させることを特徴とする。

【0048】さらにまた、本発明のOFDM受信装置は、これら構成によりなるOFDM復調回路を備えることを特徴とする。これら構成によって、本発明のOFDM復調回路及びOFDM受信装置によれば、OFDM受信信号の観測期間(分析期間)を短くし、早期に復調処理を開始させることができる。

【0049】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。図1は、本発明の一実施の形態に係るOFDM復調回路のブロック図を示す。なお、本実施の形態のOFDM復調回路100の説明に当たって、従来のOFDM復調回路500の構成と同様部分については、符号の下2桁部分について同一符号を付す。

【0050】図2は、本実施の形態のOFDM復調回路

の packets のフォーマットの一例を示す。本実施の形態においても、図2に示すように、OFDM変調信号に対応するOFDM受信信号のpacket Pのフレーム先頭には、搬送波周波数誤差検出、シンボル同期等を行うときに利用されるプリアンブル信号が付加されている。このプリアンブル信号は、時間軸上の区間の長さが $T_w/4$ で、既知で同一の8個のスタートシンボルSSが繰返し配置されて形成されている。

【0051】packet Pは、最初にこのプリアンブル信号としてのスタートシンボルSSが8個配置された後、引き続いてガードインターバルGIとデータシンボルDSとが繰返し配置された構成となっている。このように構成されたOFDM受信信号は、OFDM復調回路100の遅延回路101、乗算器103、自乗器113、及び遅延回路151にそれぞれ入力される。この遅延回路101では、 $T_w/4$ 時間だけOFDM受信信号が遅延される。

【0052】ここで、時間 T_w はOFDM信号の変調および復調で用いられるIFFT (Inverse Fast Fourier Transform) およびFFT (Fast Fourier Transform) ウィンドウの幅である。この遅延回路101の出力信号は、共役複素信号生成回路102に入力される。この共役複素信号生成回路102で生成された共役複素信号は、現在のOFDM受信信号と乗算器103で複素乗算され、両信号の相互相関値が演算される。乗算器103の出力信号は、移動平均フィルタ104に入力される。

【0053】移動平均フィルタ104では、乗算器103の出力を移動平均して、本実施の形態においては $7 \times T_w/4$ 時間の平均演算を行う。移動平均フィルタ104の出力信号は、自乗器105に入力され、自乗器105からは電力信号に変換された出力信号が、ピーク検出器121、122に出力される。また、自乗器113に入力されるOFDM受信信号は、自乗器113で自乗演算されて、自己相関値として移動平均フィルタ114に入力される。

【0054】移動平均フィルタ114では、自乗器113の出力を移動平均して、前述の移動平均フィルタ104と同じく $7 \times T_w/4$ 時間の平均演算を行う。移動平均フィルタ114の出力信号は、自乗器115に入力されて電力信号に変換され、ピーク検出器121、122に入力される。ピーク検出器121は、自乗回路105の出力信号を自乗回路115の出力信号で除算し、その除算した信号の大きさが予め設定された閾値 S_{th1} を超えると、復調処理の開始のためのシンボルタイミング信号を、復調処理開始回路161、復調処理中止回路162、搬送波周波数誤差検出回路141及びFFTウィンドウ制御回路142に出力する。

【0055】そして、このピーク検出器121からのシンボルタイミング信号の入力により、OFDM受信信号のpacketが受信されたとして、復調処理開始回路161は復調処理を開始させる一方、搬送波周波数誤差検出回路141は移動平均フィルタ104の出力信号から搬送波周波数誤差を検出して位相回転器152に出力し、FFTウィン

ドウ制御回路142はウィンドウタイミング制御を開始し、制御信号を同じく位相回転器152に出力する構成になっている。

【0056】これより、上述した遅延回路101、共役複素信号生成回路102、乗算器103、移動平均フィルタ104、自乗器105、自乗器113、移動平均フィルタ114、自乗器115、及びピーク検出器121をまとめて、シンボルタイミング信号検出部130とみなすことができる。一方、遅延回路151は、上述のシンボルタイミング検出部130、周波数誤差検出器141、及びFFTウィンドウ制御回路142で上記信号処理を行う間、OFDM受信信号を遅延し、位相回転器152に出力する構成になっている。

【0057】したがって、遅延回路151から出力されたOFDM受信信号は、このシンボルタイミング信号検出部130からのシンボルタイミング信号の出力後は、前述したOFDM復調回路500の場合と同様に、位相回転器152でその周波数オフセットが補償され、ガードインターバル除去回路153ではその付加されているガードインターバルGIが除去される。そして、直列並列変換器154ではサブキャリア毎の符号化変調された情報信号に戻され、FFT変換器155では時間領域の信号から周波数領域の信号に復調変換され、並列直列変換器156では直列データに変換された符号化変調された情報信号に戻された上で、誤り訂正復号器157で誤り訂正復号が行われ、入力情報信号に復調して出力される構成となっている。

【0058】ここで、復調開始回路161を作動させる、すなわちOFDM復調回路100による復調処理を開始させるシンボルタイミング信号を出力するための、シンボルタイミング信号検出部130のピーク検出器121の予め設定された閾値 S_{th1} は、OFDM受信信号のプリアンブル信号における1つスタートシンボルSSの時間軸上の区間の長さ($T_w/4$)が、前述のOFDM変調回路400におけるIFFT変換器403(図10参照)及びFFT変換器155のウィンドウの幅 T_w に対して $1/4$ に短縮されているのに合わせて、従来技術における時間軸上の区間の長さ T_w の1つスタートシンボルSSの場合の閾値 S_{th} (図12参照)よりも低い値に設定されている。

【0059】このため、本実施の形態のOFDM復調回路100によれば、OFDM受信信号の受信から復調開始までの時間は、IFFT変換器403(図10参照)及びFFT変換器155のウィンドウの幅 T_w よりも小さい、略 $T_w/4$ 時間にまで短縮可能な構成になっている。その一方で、本実施の形態のOFDM復調回路100においては、上述のピーク検出器121とは別に、ピーク検出器122が設けられている。

【0060】ピーク検出器122は、自乗回路105の出力信号を自乗回路115の出力信号で除算し、その除算した信号の大きさが予め設定された閾値 S_{th2} を超えると、復調処理を継続させるためのシンボルタイミング信号を復

調処理中止回路162に出力する。これより、上述した遅延回路101、共役複素信号生成回路102、乗算器103、移動平均フィルタ104、自乗器105、自乗器113、移動平均フィルタ114、自乗器115、及びピーク検出器122をまとめて、シンボルタイミング信号分析部190とみなすことができる。

【0061】このピーク検出器122の閾値 S_{th2} は、前述したピーク検出器121の閾値 S_{th1} が復調処理を早く開始させるために低く設定されているのに対し、雑音や隣接チャンネル干渉の影響を受けにくいように、閾値 S_{th1} よりも高く設定されている。本実施の形態では、このピーク検出器122の閾値 S_{th2} は、OFDM受信信号のプリアンブル信号における1つスタートシンボル SS の時間軸上の区間の長さが $T_w/4$ になっており、OFDM受信信号の受信から復調開始までの時間が略 $T_w/4$ 時間にまで短縮可能なこととは反対に、移動平均フィルタ104及び移動平均フィルタ114の平均演算のための時間は略 $7 \times T_w/4$ 時間まで取得することが可能になるので、閾値 S_{th1} よりもずっと高い値に設定することができ、雑音や隣接チャンネル干渉の影響を回避しやすくなる。

【0062】そして、復調処理中止回路162は、ピーク検出器121からのシンボルタイミング信号が入力されると、上述のような復調処理が開始されたとして、予め設定されている一定時間 T の計時を開始する一方、この一定時間 T の計時中にピーク検出器122からのシンボルタイミング信号が入力される否かを監視する。

【0063】そして、復調処理中止回路162は、一定時間 T の計時中にピーク検出器122からのシンボルタイミング信号が入力された場合には、復調処理を開始させた位置、すなわちピーク検出器121からシンボルタイミング信号が出力された時点が正しいものとして復調処理をそのまま継続させる。

【0064】これに対し、この一定時間 T の計時中にピーク検出器122からタイミング信号が入力されない場合は、復調処理中止回路162は、復調処理を開始させた位置、すなわちピーク検出器121からシンボルタイミング信号が出力された時点が誤っていたものとして、一定時間 T の計時完了をもって、復調処理中止信号を出力する構成になっている。前述したピーク検出器121の閾値 S_{th1} 、ピーク検出器122の閾値 S_{th2} 、及びこの復調処理中止回路162の一定時間 T は、移動平均フィルタ104、114それぞれが平均演算を行うための時間、すなわち分析期間に応じて設定されている。

【0065】図3は、時刻 t における、OFDM受信信号とOFDM受信信号を $T_w/4$ 時間遅延させた信号との相関値を示す図である。図4は、OFDM復調回路100の動作を示すフローチャートである。次に、これら図面に基づき、OFDM復調回路100の動作について説明する。OFDM復調回路100は、受信信号（変調ベースバンド信号）に対する、遅延演算、移動平均演算、相関

演算等といった、シンボルタイミング信号検出のための各種演算処理を受信信号待ち受け状態の処理として行い（ステップS111）、そのピーク検出処理によって、OFDM受信信号とOFDM受信信号を $T_w/4$ 時間遅延させた信号との相関値（自乗回路105の出力信号を自乗回路115の出力信号で除算した信号の大きさ）が閾値 S_{th1} を超える（ステップS112）と、ピーク検出器121がこれを検出して復調開始のためのシンボルタイミング信号を復調処理開始回路161等に出力し、復調処理が開始される（ステップS113）。

【0066】そして、このシンボルタイミング信号が同じく供給される復調処理中止回路162は、このシンボルタイミング信号の供給によって一定時間 T の計時を開始する。ここで、上記復調処理を開始させた位置が正しいとすれば、一定時間 T 以内に相関値は閾値 S_{th2} を超えるはずである。そこで、一定時間 T 以内に相関値が閾値 S_{th2} を超えた、すなわち復調処理中止回路162が一定時間 T を計時する前にピーク検出器122から復調継続のためのシンボルタイミング信号が復調処理中止回路162に供給された（ステップS115）ときは、復調処理中止回路162は一定時間 T の計時をリセット/ストップして、そのまま上記ステップS112によるシンボルタイミング信号に基づく復調処理を継続させ（ステップS116）、誤り検出器158によって復調された入力情報信号に復号誤りが検出されなかった場合は（ステップS117）、誤り訂正復号器157の出力信号が復調データ（復調された入力情報信号）として出力される（ステップS118）。

【0067】これに対し、一定時間 T 以内に相関値が閾値 S_{th2} を超えなかった、すなわち、復調処理中止回路162が一定時間 T を計時する前に、ピーク検出器122から復調継続のためのシンボルタイミング信号が復調処理中止回路162に供給されなかった（ステップS115）ときは、復調処理中止回路162は、復調処理を開始させた位置が誤っていたものとして、一定時間 T の計時完了後には速やかに現在実行中の復調処理（前記ステップS113で開始した復調処理）を中止させ、受信信号の待ち受け状態（ステップS111の処理）へと戻る。

【0068】この結果、復調処理を開始させるための相関値の閾値 S_{th1} を低く設定することができ、復調処理の開始をOFDM受信信号の入力時から早く行えるようになり、OFDM受信信号の受信から復調開始までに要する時間を、IFFT変換器403（図10参照）及びFFT変換器155のウィンドウの幅 T_w よりも小さな、本実施の形態の場合では、略 $T_w/4$ 時間にまで短縮できる。また、OFDM受信信号と誤って雑音や隣接チャンネルの干渉を検出して復調開始してしまった場合でも、この誤検出により開始された復調処理の途中で、このOFDM受信信号の誤り検出を発見して実行中の復調処理を中止することができるため、本来のOFDM受信信号を検出し損なう可能性もほとんどない。

【0069】図5は、本発明の別の実施の形態によるOFDM復調回路のブロック図を示す。前述した実施の形態のOFDM復調回路100が、復調開始のためのシンボルタイミング信号を出力するための分析時間と、復調継続のためのシンボルタイミング信号を出力するための分析時間とが、移動平均フィルタ104、105の共用によって同じ($7 \times T_w/4$ 時間)であったのに対し、本実施の形態のOFDM復調回路200は、復調開始のためのシンボルタイミング信号を出力するための分析時間($T_w/4$ 時間)と、復調継続のためのシンボルタイミング信号を出力するための分析時間($7 \times T_w/4$ 時間)とを異ならせたことが相違する。

【0070】そのため、OFDM復調回路200に適用されるOFDM信号のパケットのフォーマットは、前述したOFDM復調回路100の場合と同じく、図2に示したようになっている。そして、以下、本実施の形態のOFDM復調回路200の説明に当たっては、前述のOFDM変調回路100の構成と同様部分については、符号の下2桁部分について同一符号を付し、その説明を省略する。

【0071】本実施の形態のOFDM復調回路200では、乗算器203の信号出力が移動平均フィルタ204a、204bにそれぞれ供給され、自乗器213の信号出力が移動平均フィルタ214a、214bにそれぞれ供給される構成となっており、移動平均フィルタ204a、204b、214a、214bの出力側には自乗器205a、205b、215a、215bが対応して設けられている。その上で、移動平均フィルタ204a、214aは信号を保持している期間(分析期間)が $T_w/4$ 時間、移動平均フィルタ204b、214bは $7 \times T_w/4$ 時間と異なっている。

【0072】これより、上述した遅延回路201、共役複素信号生成回路202、乗算器203、移動平均フィルタ204a、自乗器205a、自乗器213、移動平均フィルタ214a、自乗器215a、及びピーク検出器221をまとめて、シンボルタイミング信号検出部230とみなすことができ、上述した遅延回路201、共役複素信号生成回路202、乗算器203、移動平均フィルタ204b、自乗器205b、自乗器213、移動平均フィルタ214b、自乗器215b、及びピーク検出器222をまとめて、シンボルタイミング信号分析部290とみなすことができる。

【0073】図6は、時刻tにおける、移動平均フィルタ204a、214aによる分析期間が $T_w/4$ 時間の場合、移動平均フィルタ204b、214bによる分析期間が $7 \times T_w/4$ 時間の場合それぞれの、OFDM受信信号とOFDM受信信号を $T_w/4$ 時間遅延させた信号との相関値を示す図である。本実施の形態のOFDM復調回路200では、ピーク検出器221で求められる相関値は分析期間が $T_w/4$ 時間であるため、そのピーク値が前述の分析期間が $7 \times T_w/4$ 時間のOFDM復調回路100のピーク検出器121で求められる相関値のピーク値よりも低くなる。

【0074】しかし分析期間が短いため、その相関値に含まれる雑音成分が少なくなり、前述のOFDM復調回路100における復調処理開始回路161よりも高精度に信号検出することができる。このOFDM復調回路200の動作については、前述のOFDM復調回路100と同様なので、その説明は省略する。これにより、本実施の形態のOFDM復調回路200は、前述のOFDM復調回路100に比べ回路が多少複雑になる。しかし、前述のOFDM復調回路100では、ピーク検出器121が、長い分析期間信号を観測した信号(移動平均時間が $7 \times T_w/4$ 時間の移動平均フィルタ104、114のそれぞれ出力が入力される自乗器105、115のそれぞれ出力)から低い閾値 S_{th1} でピーク値を検出するため、雑音成分を多く集めてピーク値を誤検出してしまう可能性が高かったが、本実施の形態のOFDM復調回路200では、ピーク検出器221は短い期間の信号(移動平均時間が $T_w/4$ 時間の移動平均フィルタ204a、214aのそれぞれ出力が入力される自乗器205a、215aのそれぞれ出力)を観測することで済むため、その確率を低減することができる。

【0075】図7は、本発明のさらに別の実施の形態によるOFDM復調回路のブロック図を示す。前述した実施の形態のOFDM復調回路100、200が、OFDM受信信号とOFDM受信信号を $T_w/4$ 時間遅延させた信号との相関値に基づき、復調処理開始回路161、261に復調開始処理を行わせ、復調処理中止回路162、262に開始された復調処理を継続又は中止させる構成としたが、本実施の形態のOFDM復調回路300は、マッチドフィルタ371に備えられている遅延器の長さを分析期間としたことが相違する。

【0076】そして、以下、本実施の形態のOFDM復調回路300の説明に当たっては、前述のOFDM変調回路100の構成と同様部分については、符号の下2桁部分について同一符号を付し、その説明を省略する。本実施の形態のOFDM復調回路300では、OFDM受信信号は、遅延回路301、乗算器303、自乗器313、及び遅延回路351に加え、マッチドフィルタ371に入力される。

【0077】マッチドフィルタ371は、OFDM受信信号のプリアンブルデータと、送信したOFDM信号に付加したプリアンブルデータ(図10に示したOFDM変調回路400の記憶回路407に記憶されているプリアンブルデータと同一のデータで、予め準備された信号系列からなる)との相関値を、その遅延器(図示省略)を介し出力するようになっている。このマッチドフィルタ371に備えられている遅延器(図示省略)の出力信号は、ピーク検出器381、382に分岐出力され、一方のピーク検出器381の出力信号は復調処理開始回路361に入力され、他方のピーク検出器382の出力信号は復調処理中止回路362に入力されている。

【0078】図8は、時刻tにおける、分析期間が $T_w/4$ 時間の場合、及び分析期間が $7 \times T_w/4$ 時間の場合

それぞれの、マッチドフィルタ371から出力される相関値を示す図である。ここで、ピーク検出器381は、分析期間、すなわち対象とするマッチドフィルタ371の遅延器の長さを $T_w/4$ 時間として、マッチドフィルタ371の出力信号のピークを検出し、このピーク値を予め設定されている閾値 S_{th1} と比較する。この閾値 S_{th1} は、その値が分析期間 $T_w/4$ 時間の関係から低めに設定されており、OFDM受信信号の入力に伴い、マッチドフィルタ371の遅延器の長さのピーク値を遅滞無く検出して、早く復調処理を開始できるようになっている。

【0079】これに対し、ピーク検出器382は、分析期間、すなわち対象とするマッチドフィルタ371の遅延器の長さを $7 \times T_w/4$ 時間として、マッチドフィルタ371の出力信号のピークを検出し、このピーク値を予め設定されている閾値 S_{th2} と比較する。この閾値 S_{th2} は、その値を低く設定してしまうと、雑音や隣接チャンネルの干渉の影響等を受けて誤った位置で、マッチドフィルタ371の遅延器の長さのピーク値を誤検出してしまう可能性が高くなるため、ピーク検出器381の閾値 S_{th1} よりも高く設定され、ピーク検出器381よりも分析期間を長くして精度よくピーク値を検出できるようになっている。

【0080】そして、復調処理開始回路361は、ピーク検出器381の出力信号が入力されると、復調処理を開始させる。復調処理中止回路362は、ピーク検出器381の出力信号が入力されると、予め設定されている一定時間 T の計時を開始する一方、この一定時間 T の計時期間内にピーク検出器382からピーク検出に基づく出力信号が入力されない場合は、既に開始した復調処理を中止させる。

【0081】したがって、本実施の形態においては、上述した遅延回路301、共役複素信号生成回路302、乗算器303、移動平均フィルタ304a、自乗器305a、自乗器313、移動平均フィルタ314、自乗器315、及びピーク検出器321をまとめて、シンボルタイミング信号検出部330とみなすことができ、上述したマッチドフィルタ371、及びピーク検出器381、382をまとめて、シンボルタイミング信号分析部390とみなすことができる。

【0082】これにより、本実施の形態のOFDM復調回路300においては、ピーク検出器381、382に入力される相関信号が、前述の図1、図5に示したOFDM復調回路100、200とはマッチドフィルタ371で生成される信号である点が相違するだけで、前述の図4で説明したと同様にして作動し、OFDM復調回路100、200と同様な作用を達成する。なお、本発明は、以上説明したとおりであるが、その実施の形態はこれらOFDM復調回路100、200、300の具体的構成に限定されるものでない。また、本発明は、その実施の形態をOFDM復調回路を例に説明してきたが、このOFDM復調回路を適用したOFDM受信装置であってもよい。

【0083】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、OFDM受信信号の復調において、受信信号の観測期間である分析期間を短くすることができるので、早期にOFDM受信信号の信号検出を行うことができ、ひいてはOFDM受信信号の復調処理も早期に開始させることができる。また、誤って復調処理が開始されてしまった場合であっても、その誤って開始された復調処理中に速やかに誤りを検出し、その復調処理を中止させてOFDM受信信号の受信待ち状態に戻ることができるので、信号検出の精度を劣化させることもない。これによって、OFDM受信信号を検出し損なう可能性の低減をはかりながら、復調処理を速やかに開始させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態によるOFDM復調回路のブロック図である。

【図2】本発明の一実施の形態のOFDM復調回路のパケットのフォーマットの一例を示す図である。

【図3】時刻 t における、OFDM受信信号とOFDM受信信号を $T_w/4$ 時間遅延させた信号との相関値を示す図である。

【図4】本発明の一実施の形態のOFDM復調回路の動作を示すフローチャートである。

【図5】本発明の別の実施の形態によるOFDM復調回路のブロック図である。

【図6】時刻 t における、移動平均フィルタ204a、214aによる分析期間が $T_w/4$ 時間の場合、移動平均フィルタ204b、214bによる分析期間が $7 \times T_w/4$ 時間の場合それぞれの、OFDM受信信号とOFDM受信信号を $T_w/4$ 時間遅延させた信号との相関値を示す図である。

【図7】本発明のさらに別の実施の形態によるOFDM復調回路のブロック図である。

【図8】時刻 t における、分析期間が $T_w/4$ 時間の場合、及び分析期間が $7 \times T_w/4$ 時間の場合それぞれの、マッチドフィルタ371から出力される相関値を示す図である。

【図9】従来のOFDM復調回路で用いられるパケットのフレームフォーマットの一例を示す図である。

【図10】従来のOFDM変調回路のブロック図である。

【図11】従来のOFDM復調回路のブロック図である。

【図12】OFDM受信信号と時間 T_w だけ遅延されたOFDM受信信号とが移動平均フィルタ404、414に入力されるとき、このOFDM受信信号とこの時間 T_w だけ遅延されたOFDM受信信号との相関値の大きさの時間変化を示す図である。

【図13】従来のOFDM復調回路の作動処理を説明するフローチャートである。

【図14】ユニークワード遅延検出方式のOFDM復調回路で用いられるパケットのフレームフォーマットを示

す図である。

【図15】OFDM復調回路に適用されるユニークワード遅延検出回路のブロック図である。

【図16】図15に示したUW遅延検出回路を適用した従来の信号検出回路のブロック図である。

【図17】OFDM復調回路のユニークワードUW検出の一連の処理についてのフローチャートである。

【符号の説明】

100 OFDM復調回路

101 遅延回路

102 共役複素信号生成回路

103 乗算器

105, 113, 115 自乗器

104, 114 移動平均フィルタ

121, 122 ピーク検出器

130 シンボルタイミング信号検出部

161 復調処理開始回路

162 復調処理中止回路

190 シンボルタイミング信号分析部

200 OFDM復調回路

201 遅延回路

202 共役複素信号生成回路

203 乗算器

205a, 205b, 213, 215a, 215b 自乗器

204a, 204b, 214a, 214b 移動平均フィルタ

221, 222 ピーク検出器

230 シンボルタイミング信号検出部

261 復調処理開始回路

10 262 復調処理中止回路

290 シンボルタイミング信号分析部

300 OFDM復調回路

330 シンボルタイミング信号検出部

371 マッチドフィルタ

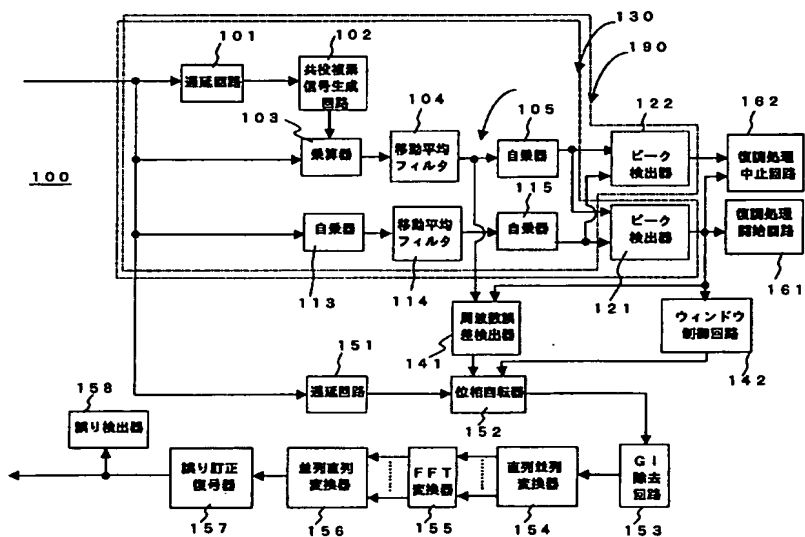
381, 382 ピーク検出器

361 復調処理開始回路

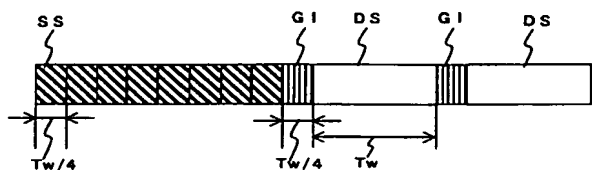
362 復調処理中止回路

390 シンボルタイミング信号分析部

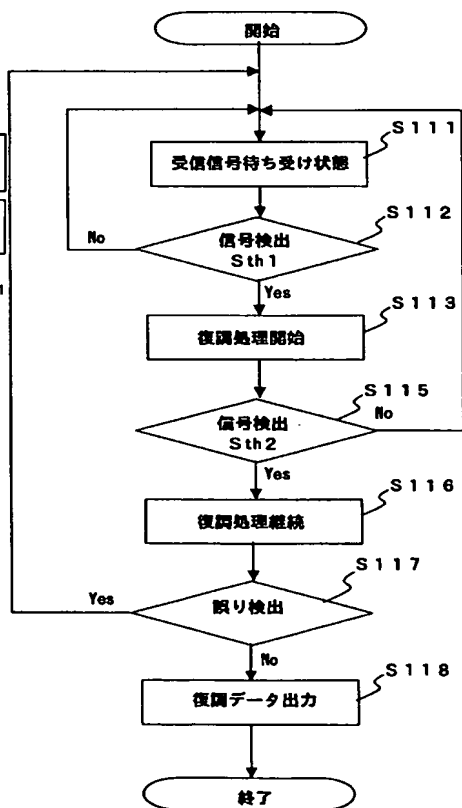
【図1】



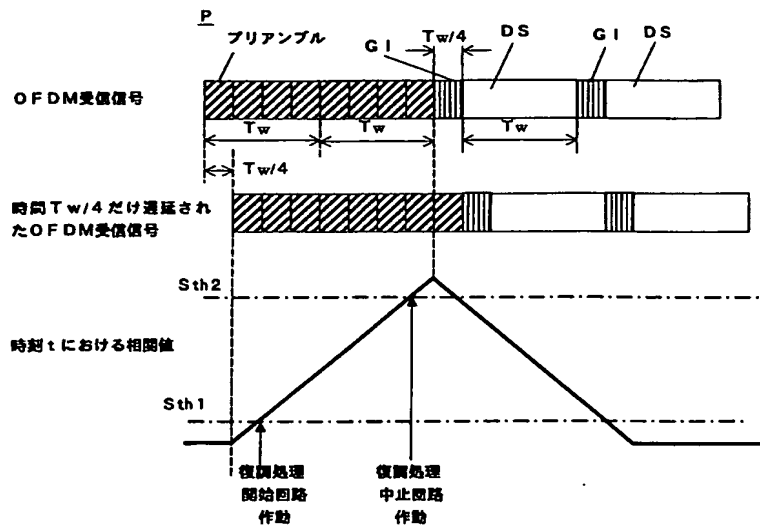
【図2】



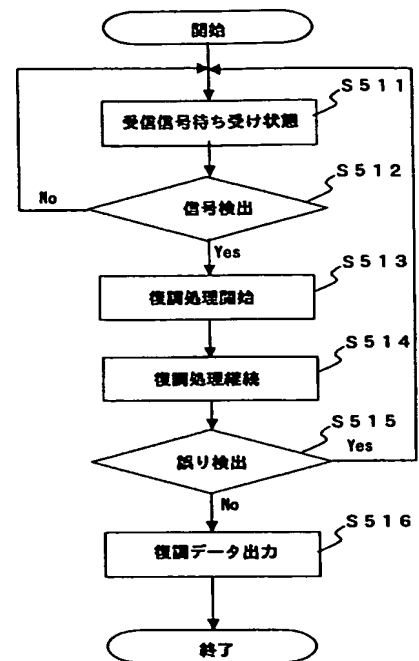
【図4】



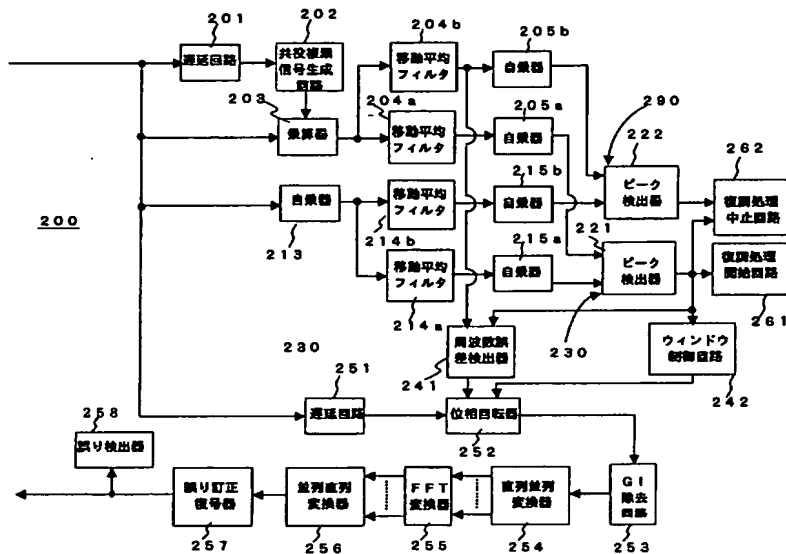
【図3】



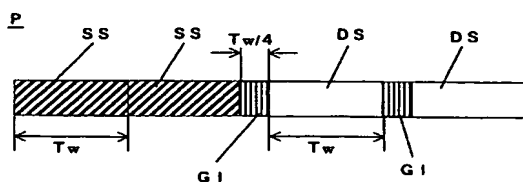
【図13】



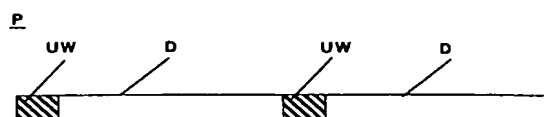
【図5】



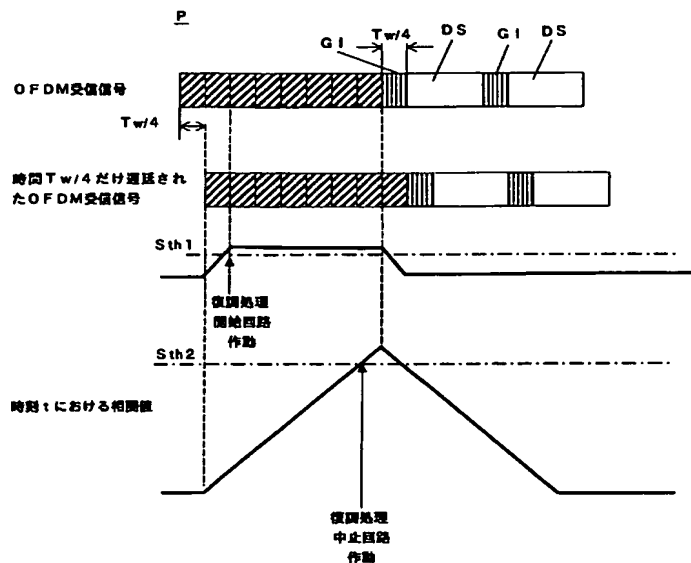
【図9】



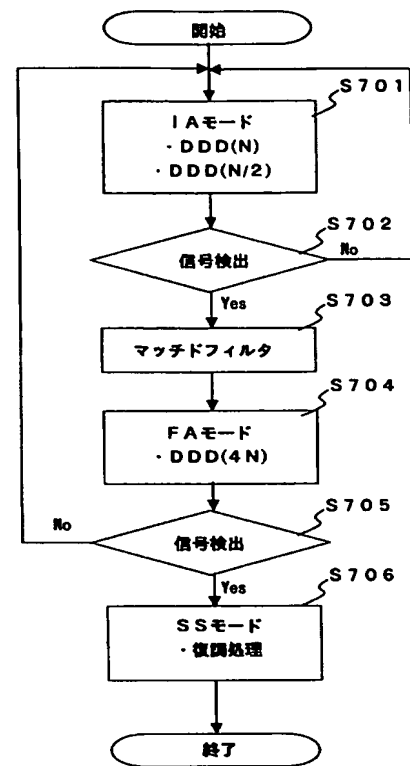
【図14】



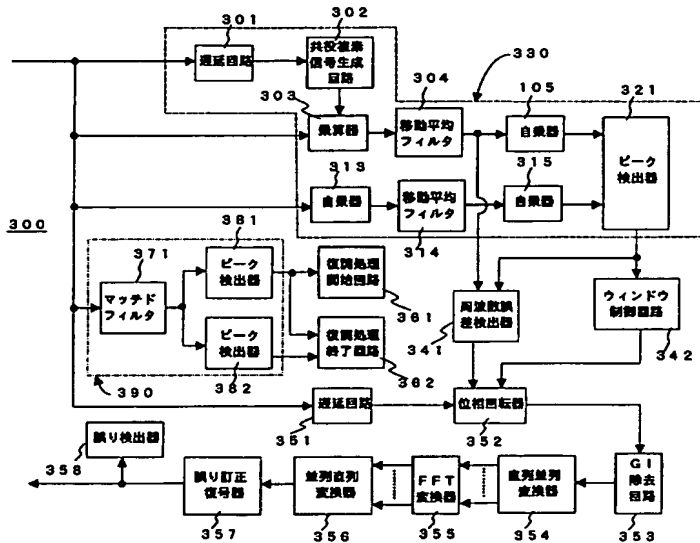
【図6】



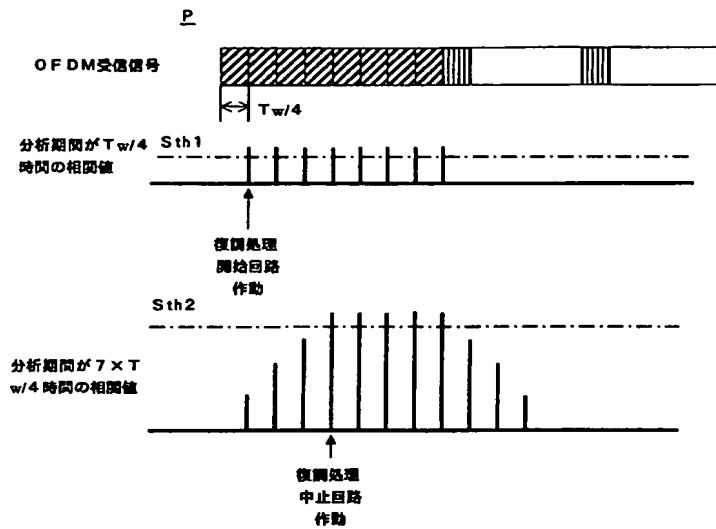
【図17】



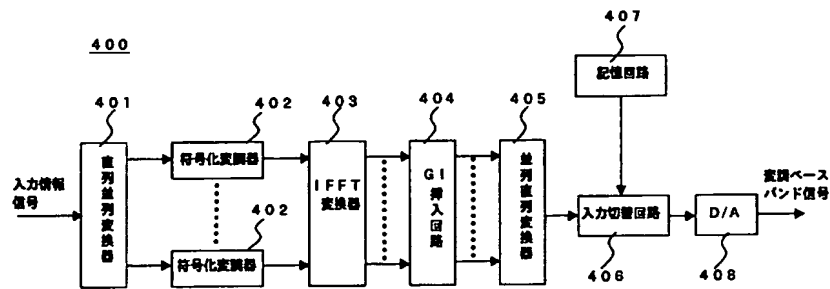
【図7】



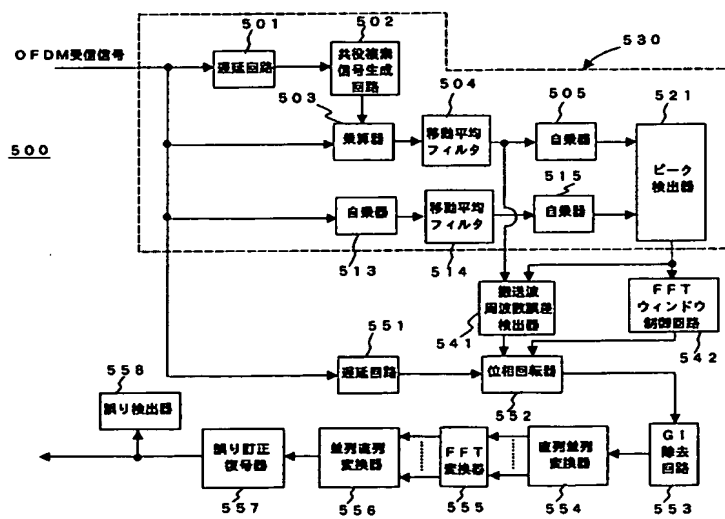
【図8】



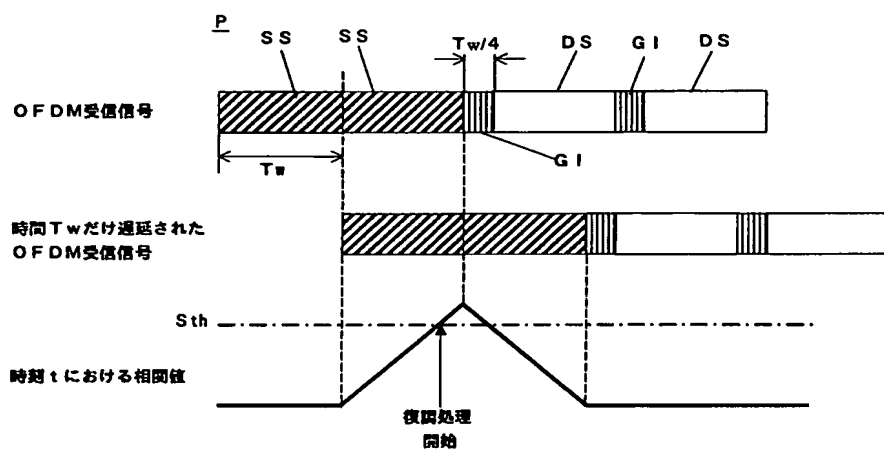
【図10】



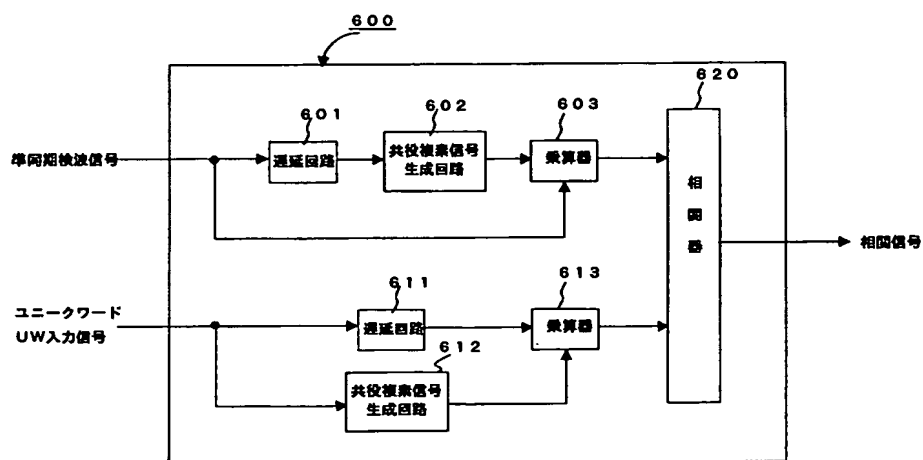
【図11】



【图 1 2】



【図 15】



【图 16】

